Quantumzwaartekracht: snaren of lussen?

Het samenvoegen van de quantummechanica en de algemene relativiteitstheorie tot een consistente theorie van de quantumzwaartekracht is een van de grote open problemen in de moderne theoretische natuurkunde. Eén kandidaat-oplossing voor dit probleem, de snaartheorie, is op deze website al uitgebreid besproken. Dat wil niet zeggen dat de snaartheorie het enige model van de quantumzwaartekracht is dat natuurkundigen onderzoeken. Een ander model dat de laatste jaren in de belangstelling staat is 'loop quantum gravity'. Hoe kansrijk is deze alternatieve route, en is die route daadwerkelijk zo anders?

Afbeelding 1. Snaartheorie en loop quantum gravity.Yin en yang, of water en vuur? Afbeelding: xiaGatomon (deviantart).

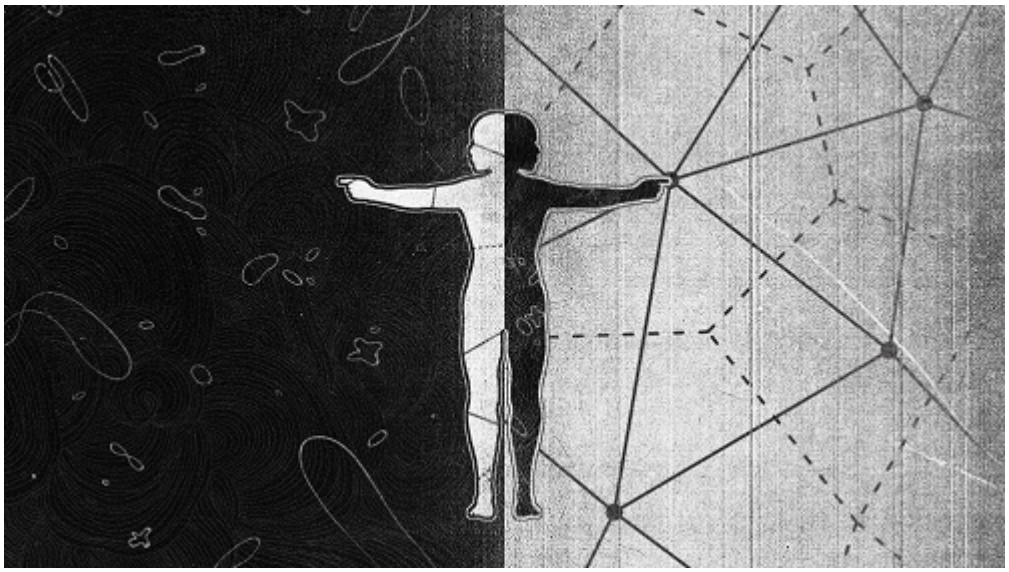
Natuurkundigen zijn net mensen. Vraag een snaartheoreet wat hij of zij van loop quantum gravity vindt, en het antwoord zal waarschijnlijk niet heel positief zijn. Vraag omgekeerd iemand die loop quantum gravity bestudeert of de snaartheorie een goed model is van de quantumzwaartekracht, en wederom is het antwoord waarschijnlijk negatief. Deels is dat een kwestie van trots: een voetballer die jaren voor Feijenoord heeft gespeeld, zal ook niet snel toegeven gecharmeerd te zijn van het spel van Ajax.

Deels is het ook een kwestie van benadering. De snaartheorie is een model dat álle interacties tussen snaarvormige deeltjes beschrijft. Binnen dit brede kader is een belangrijke rol weggelegd voor de quantumzwaartekracht, maar ook alle andere natuurkrachten en deeltjes vinden in de snaartheorie een plaats. Loop quantum gravity bestudeert geen deeltjes, maar de ruimtetijd zélf. Het model probeert die ruimtetijd te beschrijven als een

quantummechanisch netwerk van verbonden knooppunten – een netwerk van ‘loops’, dus. In managerstermen: snaartheorie is een ’top-down approach’; loop quantum gravity een ‘bottom-up approach’.

Beide modellen hebben zo hun technische problemen. In de snaartheorie moeten (zie dit artikel) zes overtollige dimensies weggewerkt worden. Wiskundig gezien is dat geen enkel probleem, maar dit ‘oprollen’ van dimensies kan op zoveel manieren dat de vraag is of het überhaupt ooit mogelijk zal zijn een juist en voorspellend snaarmodel te construeren. Loop quantum gravity probeert de algemene relativiteitstheorie en daarmee de zwaartekracht beschrijven, maar daarbij lijkt het enorm lastig om die andere theorie van Albert Einstein – de *speciale* relativiteitstheorie – in het verhaal in te passen. Het relativiteitsprincipe zegt dat de wereld er voor met constante snelheid bewegende waarnemers hetzelfde uit moet zien als voor stilstaande, maar een netwerk introduceert juist een ‘voorkeursframe’ ten opzichte waarvan een stilstaande waarnemer een voorkeurspositie heeft.

Aanhangers van beide modellen wijzen graag op de tekortkomingen van het andere model. Soms gebeurt dit in subtiele, soms ook in zeer felle bewoordingen. Die onderlinge kritiek is natuurlijk ook goed: in de wetenschap moeten ideeën continu kritisch bekeken worden, en kan de ontdekking dat een bepaald model *niet* werkt soms even nuttig zijn als de ontdekking dat iets *wel* werkt. Vooruitgang in de wetenschap vindt voor een groot deel plaats in de vorm van falsificatie van bestaande ideeën.



Afbeelding 2. String theory meets loop quantum gravity.Afbeelding die Olena Shmahalo maakte voor het artikel in Quanta Magazine.

Tegelijkertijd kunnen we ons natuurlijk afvragen of met een dergelijke negatieve benadering niet de kans gemist wordt om iets van elkaar te leren. Het aantal snaartheoreten dat daadwerkelijk de ins en outs van de loop quantum gravity kent is beperkt – en omgekeerd geldt precies hetzelfde. Natuur- en wiskundige ideeën vinden vaak op onverwachte wijze in andere vakgebieden nieuwe toepassingen, en dat geldt zelfs voor ideeën die oorspronkelijk onjuist zijn gebleken. Sterker nog: de snaartheorie zélf is afkomstig uit een model dat faalde als beschrijving voor de sterke kernkracht – zie dit artikel voor het verhaal daarachter.

Sinds enkele jaren is er wel degelijk enige kruisbestuiving gaande tussen de snaartheorie en de loop quantum gravity. In een recent artikel van Sabine Hossenfelder op de Amerikaanse website Quanta Magazine wordt deze interactie beschreven:

String Theory Meets Loop Quantum Gravity

Verrassend is dat in deze richting van onderzoek modellen gevonden worden die zowel gezien kunnen worden als snaarmodel, als als model van de loop quantum gravity. Een bekende uitspraak van de Amerikaanse snaartheoreet Nathan Seiberg is ‘If there is something beyond string theory, we will call it string theory’. Wellicht is die uitspraak even geldig als we ‘string theory’ vervangen door ‘loop quantum gravity’. Zo kunnen beide gemeenschappen in elk geval hun trots behouden.